

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-337834

(43)Date of publication of application : 08.12.2000

(51)Int.Cl.

G01B 11/24

G01B 11/00

G06T 7/00

G06T 1/00

(21)Application number : 11-146905

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.05.1999

(72)Inventor : YOSHIDA HIROAKI

FUJITA HIDEITO

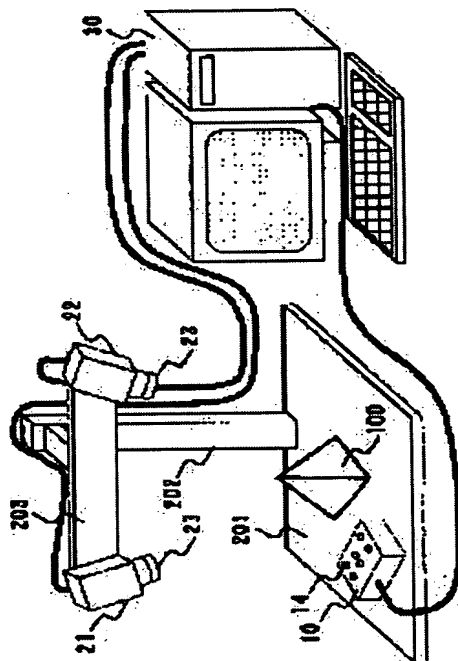
KANO HIROSHI

(54) SHAPE MEASURING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a shape measuring device capable of measuring the shape of an object even if a part of markers of a measuring head is unrecognizable.

SOLUTION: In the shape measuring device in which the three-dimensional shape of an object to be measured is measured by converting a point of measurement of an object to be measured picked up by the measuring head 10 in a coordinate system centering a measuring head 10 into coordinates in a world coordinate system on the basis of locational information obtained on the basis of the image of markers 14 of the measuring head 10 picked up by a stereo camera 21, corresponding markers 14 are distinguished on the basis of the arrangement of the image of the markers 14 picked by the stereo cameras 21 and 22, or corresponding markers 14 are distinguished by tracking the movement of the image of the markers 14 to obtain information on the locations of the markers 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The measuring head which has at least four markers and is made to move freely by the operating personnel, the point-of-measurement coordinate calculation which searches for the coordinate of the point of measurement on the device under test in the system of coordinates based on measuring heads using this measuring head -- a law -- with a means A measuring head image pick-up means to picturize said measuring head from a position, and a measuring head location calculation means to search for the information about the location of the measuring head in a world coordinate using this measuring head image pick-up means, It is based on the information about the location of said measuring head called for by this measuring head location calculation means. The coordinate of the point of measurement on said device under test in the system of coordinates based on [which was searched for by said point-of-measurement coordinate calculation means] measuring heads It is the configuration measuring device equipped with a coordinate transformation means to change into the coordinate of a world coordinate. A marker discernment means by which said measuring head location calculation means identifies the marker corresponding to each marker image based on arrangement of the marker image picturized with said measuring head image pick-up means, The configuration measuring device characterized by having a marker trace means to pursue migration of each marker image picturized with said measuring head image pick-up means, and a means to search for the information about the location of a measuring head based on the location in the world coordinate of each marker image.

[Claim 2] Said measuring head location calculation means is the configuration measuring device according to claim 1 characterized by to identify the marker to whom each marker image corresponds with said marker discernment means when migration of all marker images is able to pursue with said marker trace means, and to identify based on the discernment result of the marker image before moving the marker to whom the marker image which was able to pursue corresponds when there is a marker image which cannot pursue migration with said marker trace means.

[Claim 3] Said measuring head location calculation means is equipped with a number detection means of markers to detect the number of the marker images picturized with said measuring head image pick-up means. When the number of the marker images detected with this number detection means of markers is a marker's number and the same number which were attached in the measuring head, When there are few marker images which identified the marker to whom each marker image corresponds with said marker discernment means, and were detected with said number detection means of markers than the number of markers attached in the measuring head, The configuration measuring device according to claim 1 characterized by identifying the marker to whom each marker image corresponds with said marker trace means.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the configuration measuring device which a user moves a measuring head freely and measures the three-dimension-configuration of a device under test.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, spot light or slit light is irradiated at a device under test, and the configuration measuring device of the active stereo mold which restores a configuration from the location of the light figure observed on a front face is known.

[0003] As a configuration measuring device of an active stereo mold, there is a thing which makes slit light scan by the rotation mirror. Although the configuration of the front face of the device under test observed from a measuring instrument can be measured in the configuration measuring device equipped with such a scan mechanism, the configuration of the whole device under test cannot be measured.

[0004] On the other hand, in order to measure the configuration of the whole device under test, a rotation stage is used and the configuration measuring device of the active stereo mold which observed the device under test from the perimeter enclosure of 360 degrees is developed. However, since a field unobservable even if it uses a rotation stage exists when a device under test is a complicated configuration, the configuration of the whole device under test cannot be measured.

[0005] On the other hand, when an operating personnel grasps a measuring head and measures by moving a measuring head around a device under test, the configuration measuring device which can measure the configuration of the whole device under test of a complicated configuration is proposed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, in order to measure the location and sense of a measuring head Since it is necessary to perform matching with a marker's image photoed with the camera, and the marker position on a measuring head, When some markers separated from the common visual field of two cameras or he hides by the hand of the operating personnel which grasps the measuring object and a measuring head, There are of which marker of a measuring head a marker's image picturized with the camera being an image and a problem of being unable to recognize but configuration measurement of a device under test becoming impossible.

[0007] Then, this invention aims at offering the configuration measuring device which can perform configuration measurement of an object, even when some markers of a measuring head cannot recognize.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The measuring head which the configuration measuring device of this invention has at least four markers, and is made to move freely by the operating personnel, the point-of-measurement coordinate calculation which searches for the coordinate of the point of measurement on the device under test in the system of coordinates based on measuring heads using the measuring head -- a law -- with a means A measuring head image pick-up means to picturize a measuring head from a position, and the measuring head location calculation means for searching for the information about the

location of the measuring head in a world coordinate using the measuring head image pick-up means, It is based on the information about the location of the measuring head called for by the measuring head location calculation means. The coordinate of the point of measurement on the device under test in the system of coordinates based on [which was searched for by the point-of-measurement coordinate calculation means] measuring heads It is the configuration measuring device equipped with a coordinate transformation means to change into the coordinate of a world coordinate. A marker discernment means by which a measuring head location calculation means identifies the marker corresponding to each marker image based on arrangement of the marker image picturized with the measuring head image pick-up means, The configuration measuring device characterized by having a marker trace means to pursue migration of each marker image picturized with the measuring head image pick-up means, and a means to search for the information about the location of a measuring head based on the location in the world coordinate of each marker image.

[0009] The information about the location of those marker images to a measuring head if three or more in two or more markers attached in the measuring head by considering as such a configuration are picturized with a measuring head image pick-up means and they are pursued with the marker trace means is ** **.

[0010] It is characterized by to identify the marker to whom each marker image specifically corresponds with a marker discernment means when a measuring head location calculation means is able to pursue migration of all marker images with a marker trace means, and to identify based on the discernment result of the marker image before moving the marker to whom the marker image which was able to be pursued corresponds, when there is a marker image which cannot pursue migration with a marker trace means.

[0011] By considering as such a configuration, in addition to the trace by the marker image trace means, when all markers are able to pursue, discernment of the marker image by the marker discernment means is performed further.

[0012] Moreover, a measuring head location calculation means is equipped with a number detection means of markers to detect the number of the marker images picturized with the measuring head image pick-up means. When the number of the marker images detected with the number detection means of markers is a marker's number and the same number which were attached in the measuring head, It is characterized by identifying the marker to whom each marker image corresponds with a marker discernment means, and identifying the marker to whom each marker image corresponds with a marker trace means, when there are few marker images detected with the number detection means of markers than the number of markers attached in the measuring head.

[0013] By considering as such a configuration, according to the number of the marker images picturized with an image pick-up means, a marker discernment means and a marker trace means are used alternatively, and discernment of a marker image is performed.

[0014]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of 1 operation of this invention is explained.

[1] The explanatory view 1 about a measurement principle shows the outline configuration of the configuration measuring device in the gestalt of 1 operation of this invention.

[0015] The device under test 100 is carried on the base 201. The stanchion 202 is attached in the base 201. The level bar 203 is attached in the upper part of a stanchion 202.

[0016] The configuration measuring device is equipped with the measuring head 10 made to move freely by the operating personnel, the stereoscopic cameras 21 and 22 attached in the both ends of the level bar 203, and the control unit 30 which consists of a personal computer which performs those control, various operations, etc. The band pass filter 23 which penetrates alternatively the frequency band of light which the marker 14 who shows drawing 2 releases to the image pick-up lens of each stereoscopic cameras 21 and 22 is attached.

[0017] Drawing 2 and drawing 3 show the outline configuration of a measuring head 10.

[0018] The measuring head 10 is equipped with the marker 14 who consists of one set of CCD camera 12 and the slit light source 13 which were contained in the casing 11 of front opening, and casing 11 by

the shape of a rectangular parallelepiped, and the six LED light sources 14a-14f prepared in the top face of casing 11. Semiconductor laser is used as the slit light source 13.

[0019] Since the direction of a measuring head 10 is specified, the six LED light sources 14a-14f which constitute a marker 14 are not made into a point symmetric design, but serve as a line symmetric design to the center line of a measuring head 10. Here, it is arranged so that five LED light sources [11b 11c, 11d, 11e, and 11f] points may make a rectangle on the top face of casing 11, and LED light source 11a is arranged at the center of gravity of these five points. In addition, although it is enough if there are at least three LED light sources as a marker in order to measure the location and direction of a measuring head 10 of the inside of three-dimension space, the location of a measuring head 10 and the accuracy of measurement of a direction improve in least squares by using the four or more LED light sources.

[0020] Drawing 4 shows the measurement principle of a configuration measuring device.

[0021] The coordinate of the point of measurement A which has used the measuring head 10 made to move freely by the operating personnel is measured. The measured coordinate is expressed with the coordinate (x y, z) in the system of coordinates based on measuring heads. These system of coordinates are system of coordinates which move with migration of a measuring head 10.

[0022] On the other hand, the configuration of a device under test 100 is expressed with the fixed system of coordinates, and calls these system of coordinates a world coordinate. The coordinate in the world coordinate of the point of measurement measured by the measuring head 10 is set to (X, Y, Z). Since a world coordinate needs to describe the configuration of a device under test 100, it changes into a world coordinate the coordinate (x y, z) in the system of coordinates based on [of the point of measurement A measured by the measuring head 10] measuring heads. This conversion is performed based on the following formula 1 using the rotation matrix R and the advancing-side-by-side vector t showing migration of a measuring head 10.

[0023]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + t$$

[0024] Therefore, the coordinate (x y, z) in the system of coordinates based on measuring heads is convertible for a world coordinate by searching for the location and direction of a measuring head 10 in a world coordinate as the rotation matrix R and an advancing-side-by-side vector t.

[0025] Moving a measuring head 10 around a device under test 100, the above-mentioned processing is performed and the configuration of a device under test 100 is described as a set of the coordinate (X, Y, Z) in the world coordinate of the point of measurement obtained each time.

[0026] Configuration measurement by this configuration measuring device is performed by the following procedure.

[0027] The 1st step: Search for the coordinate of the point of measurement on the device under test in the system of coordinates based on measuring heads using a measuring head 10.

[0028] The 2nd step: Ask by carrying out stereo image measurement of the marker 14 for whom the information about the location of the measuring head 10 in a world coordinate, i.e., the rotation matrix R showing migration of the measuring head 10 in a world coordinate and the advancing-side-by-side vector t, was prepared on the measuring head 10 with stereoscopic cameras 21 and 22.

[0029] The 3rd step: Change into the coordinate of a world coordinate the coordinate of the point of measurement on the device under test in the system of coordinates based on [which was searched for at the 1st step] measuring heads based on the rotation matrix R and the advancing-side-by-side vector t which were acquired at the 2nd step.

[0030] Hereafter, each [these] step is explained.

[2] The explanatory view 5 about the 1st step shows the location measuring method of the point of measurement by the measuring head 10.

[0031] The system of coordinates based on measuring heads are system of coordinates which make the optical axis of CCD camera 12 a zero, and make [the direction of an optical axis] the y-axis a x axis and the perpendicular direction of CCD camera 12 for the horizontal direction of the z-axis and CCD camera 12. The image side S of CCD camera 12 exists in the location of a focal distance f from a zero. That is, the image side S is parallel to a x-y flat surface, and is a flat surface which is $z=f$.

[0032] The location measurement approach by the measuring head 10 itself is a well-known measuring method called an optical cutting method. Let the predetermined point on the line by which the slit light from the slit light source 13 on the front face of a device under test 100 is irradiated be point of measurement A.

[0033] this -- point of measurement -- A -- a measuring head -- a core -- a coordinate -- (-- x -- y -- z --) -
 - ** -- carrying out -- an image -- a field -- S -- a top -- point of measurement -- A -- corresponding -- a
 viewpoint -- A -- ' -- a coordinate -- (-- xs -- ys -- f --) -- ** -- carrying out -- a slit -- light -- expressing -
 - a flat surface -- an equation -- $ax+by+cz+d=0$ -- carrying out . f in the coordinate (xs, ys, f) of
 viewpoint A' is known as a focal distance of CCD camera 12, and (xs, ys) are calculated from the pixel
 location of the slit light observed in respect of an image.

[0034] The plane equation showing slit light is called for by proofreading of a measuring head 10. Therefore, x, and (y, z) are called for by solving the simultaneous equations expressed with the following formula 2 which makes x, and y, z and alpha an unknown.

[0035]

[Equation 2]

$$ax+by+cz+d=0$$

$$x=\alpha \cdot x_0$$

$$y=\alpha \cdot y_0$$

$$z=\alpha \cdot f$$

[0036] This processing is performed by the control unit 30 based on the output of CCD camera 12.

[3] The explanatory view 6 about the 2nd step is a flow chart which shows the processing sequence of the 2nd step. A series of processings in which it explains below are performed by the control unit 30 based on the output of stereoscopic cameras 21 and 22.

[0037] the 2nd step -- first -- stereoscopic cameras 21 and 22 -- binary-ized processing is performed with a predetermined threshold about each image pick-up image. At this time, the image picturized with each stereoscopic cameras 21 and 22 is picturized through the band pass filter 23, and two or more images which include the LED light sources 14a-14f by making it binary are extracted. (Steps S01 and S02) Furthermore, about each image extracted by this binary-ized processing, that magnitude and an average luminance value are computed, and the image with which that calculation value becomes larger than a predetermined threshold is extracted. Although noise components other than an LED light sources [14a-14f] image are usually contained in the image extracted by binary-ized processing, since magnitude and the brightness value are small as compared with an LED light sources [14a-14f] image, these noise components are removed by the noise rejection processing by the threshold. (Step S03)

Next, matching with an each LED light sources [which were specified in the image captured last time about the remaining image (image for a trace) with which the noise component was removed by noise rejection processing / 14a-14f] image (trace criteria image) is performed, and the migration in the image for a trace from a trace criteria image is pursued. As for this trace processing, known technique, such as a cross-correlation method, is used. (Step S04)

And when it is able to pursue about all trace criteria images, based on arrangement of the pursued image for a trace, matching with each image for a trace and the LED light sources 14a-14f is performed anew. While specifically computing a center of gravity about the pursued image for a trace of six points and identifying the image for a trace nearest to the center of gravity as an image of LED light source 14a, the image for a trace nearest to the image of the LED light source 14a is identified as an image of LED light source 14b. And about the four remaining images for a trace, it is clockwise identified on the basis of the image of LED light source 14b as an LED light sources [14c, 14d, 14e, and 14f] image, respectively. (Steps S05 and S06)

And the part has come out of the common visual field of stereoscopic cameras 21 and 22 among the LED light sources 14a-14f of a measuring head 10, or it is hiding by the hand of an operating personnel. If at least three traces can be performed among the other trace criteria images when there is an image with which it cannot pursue among the images for a trace, namely, the image for a trace used as the candidate for a trace does not exist, the corresponding image of the LED light source will be identified based on the trace result. Moreover, since the location and direction of a measuring head 10 cannot be specified when the trace criteria image which was able to pursue is less than three pieces, processing is stopped. (Steps S07-S09)

thus, the identified stereoscopic cameras 21 and 22 -- the coordinate in an LED light sources [14a-14f] world coordinate is computed using the technique well known as a stereo method from the LED light sources [14a-14f (what was identified when all LED light sources / 14a-14f / images were not identified)] image which boils, respectively and can be set. (Step S10)

Next, the rotation matrix R and the advancing-side-by-side vector t showing migration of a measuring head 10 are searched for. That is, the coordinate each LED light sources [which are known beforehand / 14a-14f] based on measuring heads is set to (xi, yi, zi). However, i is an integer which makes maximum the number of the image identified among LED light sources [14a-14f] images. Moreover, the coordinate in an each LED light sources [which were measured by stereoscopic cameras 21 and 22 / 14a-14f] world coordinate is set to (Xi, Yi, Zi). The rotation matrix R showing migration of a measuring head 10 and the advancing-side-by-side vector t are searched for as the matrix R with which are satisfied of the following formula 3, and a vector t. The operation of this rotation matrix R and the advancing-side-by-side vector t is performed by the control unit 30. (Step S11)

[0038]

[Equation 3]

$$\min_i \sum [(X'_i - X_i)^2 + (Y'_i - Y_i)^2 + (Z'_i - Z_i)^2]$$

here

$$\begin{pmatrix} X'_i \\ Y'_i \\ Z'_i \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} + t$$

[0039] [4] The coordinate in the world coordinate of point of measurement is searched for by changing into a world coordinate (X, Y, Z) the coordinate based on [of the point of measurement measured by the measuring head 10] measuring heads (x y, z) using the rotation matrix R searched for at the 2nd step of explanation about the 3rd step, and the advancing-side-by-side vector t and said-one number. This coordinate transformation is performed by the control unit 30.

[0040] Thus, since according to the gestalt of this operation a device under test can be measured even when all cannot be recognized among LED light sources [of a measuring head 10 / 14a-14f] images, the measurement mistake produced by the method and measuring point of grasping of a measuring head is reduced, and it becomes possible to perform reliable configuration measurement.

[0041] moreover, when it is able to pursue about all trace criteria images Based on arrangement of the image for a trace pursued again, matching with the LED light sources 14a-14f is performed. Moreover, since the location in the world coordinate of a measuring head is called for using the image for a trace of the maximum number currently pursued even when all are not able to be pursued, according to the image pick-up condition of stereoscopic cameras 21 and 22, it becomes possible to perform high measurement of precision as much as possible.

[0042] In addition, as long as it measures the location of the point of measurement on a device under test by the active stereo measurement approach as a measuring head 10, you may differ from the gestalt of operation mentioned above. For example, the spot light source may be used instead of the slit light source 13. Moreover, you may make it measure the location (coordinate based on measuring heads) of point of measurement by two sets of CCD cameras.

[0043] What is necessary is for a stereoscopic camera just to be able to extract as a marker 14, without being limited to the LED light sources 14a-14f. For example, a seal with a high reflection factor may be used instead of the LED light sources 14a-14f. Moreover, a marker's 14 number should just be four or more pieces.

[0044] Although it constituted so that matching with the LED light sources 14a-14f might be again performed based on arrangement of the pursued image for a trace when a trace was able to be performed from all trace criteria images in the gestalt of the above-mentioned implementation, as a result of performing trace processing After counting the number of the images for a trace, based on the counted value, you may constitute so that matching with the image for a trace and the LED light sources 14a-14f may be performed. In this case, if counted value is in agreement with the number which are the LED light sources 14a-14f of a measuring head 10 If matching with the LED light sources 14a-14f was performed based on arrangement of each image for a trace and it is less than the number whose counted value is the LED light sources 14a-14f of a measuring head 10 Matching with the LED light sources 14a-14f is performed by trace processing, and an LED light sources [14a-14f] image is identified. In addition, with [counted value] three [less than], processing is stopped as measurement impossible.

[0045] In this case, since it constitutes using the recognition processing which can perform matching with the image for a trace, and the LED light sources 14a-14f with a sufficient precision as compared with trace processing so that trace processing may be used when that recognition processing is not possible when the recognition processing based on arrangement is possible, it does not overlap but trace processing and recognition processing become about processing that it is possible in accelerating.

[0046]

[Effect of the Invention] Since according to this invention a device under test can be measured even when a part cannot be recognized among the marker images of a measuring head, the measurement mistake produced by the method and measuring point of grasping of a measuring head is reduced, and it becomes possible to perform reliable configuration measurement.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a mimetic diagram showing the configuration of the configuration measuring device in the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is the front view showing the configuration of a measuring head.

[Drawing 3] It is the top view showing the configuration of a measuring head.

[Drawing 4] It is an explanatory view explaining a measurement principle.

[Drawing 5] It is an explanatory view explaining the location measuring method of the point of measurement by the measuring head.

[Drawing 6] It is the flow chart which shows the processing sequence of the 2nd step.

[Description of Notations]

10 : Measuring Head

12 : CCD Camera

13 : Slit Light Source

14 : Marker

21 : Stereoscopic Camera

22 : Stereoscopic Camera

[Translation done.]

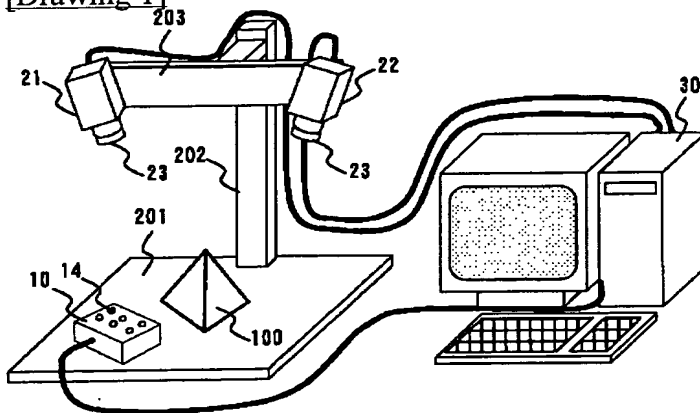
* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

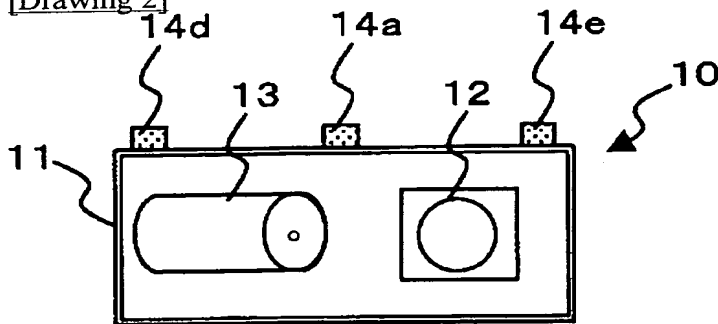
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

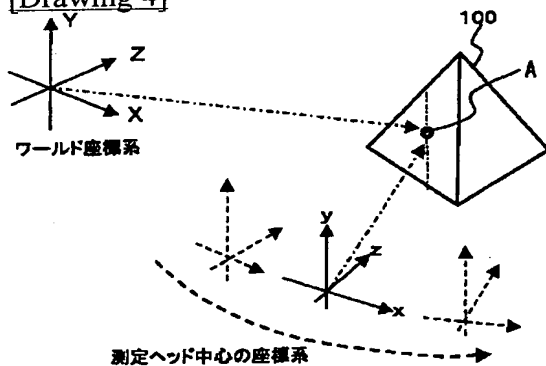
[Drawing 1]



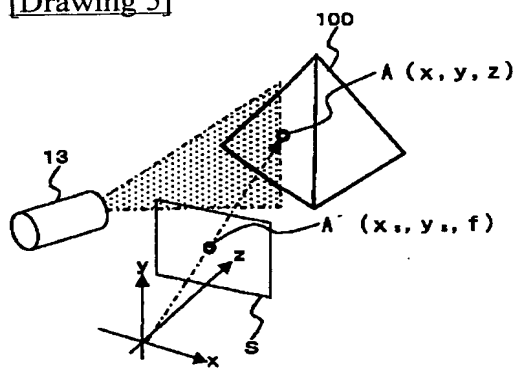
[Drawing 2]



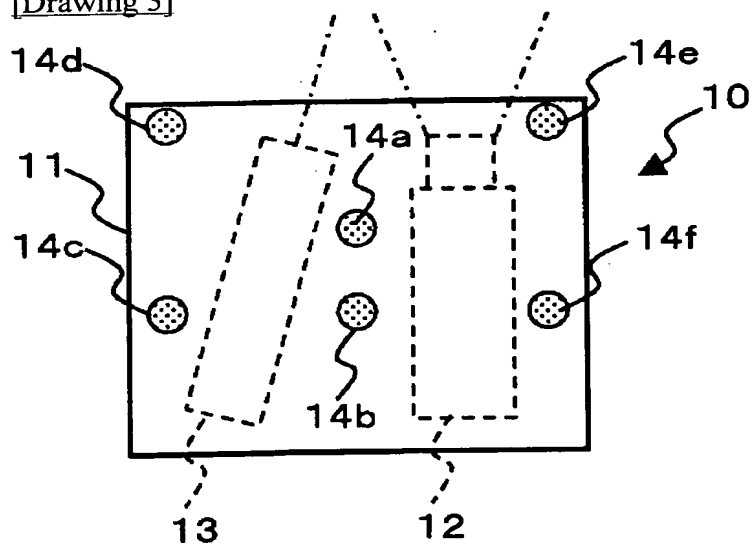
[Drawing 4]



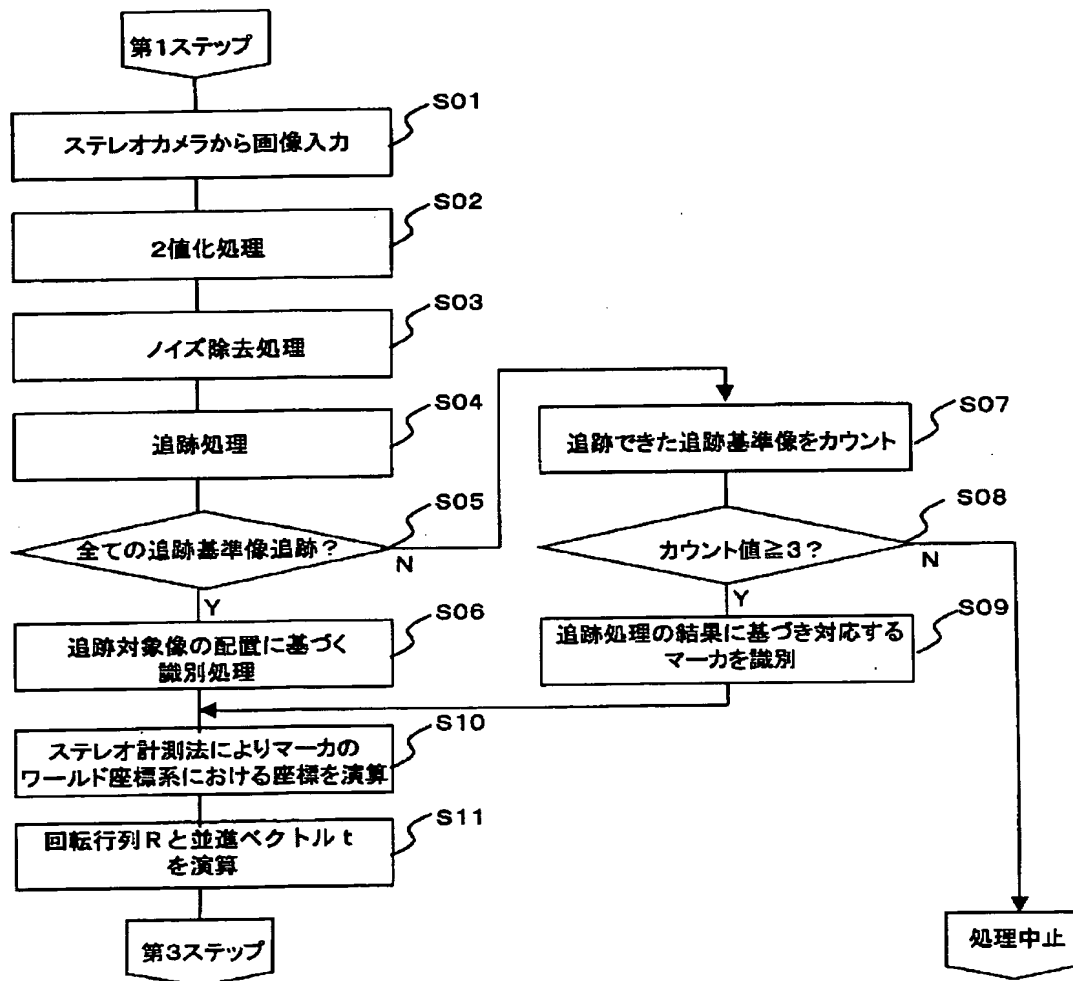
[Drawing 5]



[Drawing 3]



[Drawing 6]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-337834
(P2000-337834A)

(43)公開日 平成12年12月8日(2000.12.8)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	ページ・ト* (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	A 2 F 0 6 5
11/00		11/00	H 5 B 0 4 7
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/62	4 1 5 5 B 0 5 7
1/00		15/64	M

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 8 頁)

(21)出願番号	特願平11-146905	(71)出願人	000001889 三洋電機株式会社 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
(22)出願日	平成11年5月26日(1999.5.26)	(72)発明者	吉田 博明 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
		(72)発明者	藤田 日出人 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三 洋電機株式会社内
		(74)代理人	100111383 弁理士 芝野 正雅

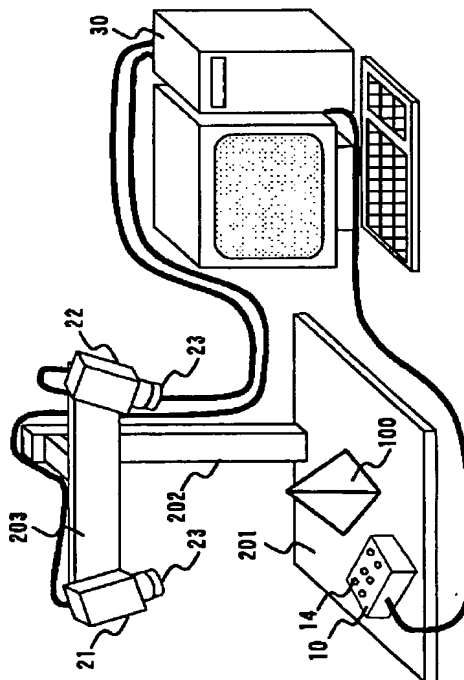
最終頁に続<

(54) 【発明の名称】 形状測定装置

(57) 【要約】

【課題】 測定ヘッドのマーカの一部が認識できない場合でも、対象物の形状測定を行うことができる形状測定装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 測定ヘッド１０にて撮像した測定ヘッド中心の座標系における被測定物の測定点を、ステレオカメラ２１にて撮像した測定ヘッド１０のマーカ１４の像に基づいて求めた位置情報に基づいてワールド座標系における座標に変換することにより、被測定物の３次元的形状を測定する形状測定装置において、ステレオカメラ２１、２２にて撮像されたマーカ１４の像の配置に基づいて対応するマーカ１４を識別するか、または、マーカ１４の像の移動を追跡することにより対応するマーカ１４を識別して、マーカ１４の位置情報を求める。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 4 個のマーカを有し、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッドと、該測定ヘッドを用いて測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める測定点座標算出手段と、所定の位置から前記測定ヘッドを撮像する測定ヘッド撮像手段と、該測定ヘッド撮像手段を用いてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求める測定ヘッド位置算出手段と、該測定ヘッド位置算出手段によって求められた前記測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、前記測定点座標算出手段によって求められた測定ヘッド中心の座標系における前記被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する座標変換手段とを備えた形状測定装置であって、前記測定ヘッド位置算出手段が、前記測定ヘッド撮像手段にて撮像されたマーカ像の配置に基づいて各マーカ像に対応するマーカを識別するマーカ識別手段と、前記測定ヘッド撮像手段にて撮像された各マーカ像の移動を追跡するマーカ追跡手段と、各マーカ像のワールド座標系での位置に基づいて測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えていることを特徴とする形状測定装置。

【請求項 2】 前記測定ヘッド位置算出手段は、前記マーカ追跡手段にて全てのマーカ像の移動が追跡できたとき、前記マーカ識別手段にて各マーカ像に対応するマーカを識別し、前記マーカ追跡手段にて移動が追跡できないマーカ像があるとき、追跡できたマーカ像に対応するマーカを移動前のマーカ像の識別結果に基づいて識別することを特徴とする請求項 1 記載の形状測定装置。

【請求項 3】 前記測定ヘッド位置算出手段は、前記測定ヘッド撮像手段にて撮像されたマーカ像の数を検出するマーカ数検出手段を備え、該マーカ数検出手段にて検出されたマーカ像の数が測定ヘッドに取り付けられたマーカの数と同数であるとき、前記マーカ識別手段にて各マーカ像に対応するマーカを識別し、前記マーカ数検出手段にて検出されたマーカ像の数が測定ヘッドに取り付けられたマーカの数より少ないとき、前記マーカ追跡手段にて各マーカ像に対応するマーカを識別することを特徴とする請求項 1 記載の形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、使用者が測定ヘッドを自由に動かして被測定物の 3 次元形状を測定する形状測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、スポット光またはスリット光を被測定物に照射し、表面に観察される光像の位置から形状を復元する能動ステレオ型の形状測定装置が知られている。

【0003】能動ステレオ型の形状測定装置として、ス

リット光を回転ミラーによって走査させるものがある。このような走査メカニズムを備えた形状測定装置では、測定器から観察される被測定物の表面の形状を測定することができるが、被測定物全体の形状を測定することができない。

【0004】これに対して、被測定物全体の形状を測定するために、回転ステージを利用し、被測定物を 360 度の全周囲から観察するようにした能動ステレオ型の形状測定装置が開発されている。しかしながら、被測定物が複雑な形状である場合には、回転ステージを用いても観察できない領域が存在するため、被測定物全体の形状を測定できない。

【0005】これに対し、測定者が測定ヘッドを把持し、被測定物の周りで測定ヘッドを動かして測定を行うことにより、複雑な形状の被測定物全体の形状を測定できる形状測定装置が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、測定ヘッドの位置及び向きを測定するためには、カメラにて撮影されたマーカの像と測定ヘッド上のマーカ位置との対応付けを行う必要があるため、マーカの一部分が 2 台のカメラの共通視野から外れたり、測定対象や測定ヘッドを把持する測定者の手により隠れてしまったりした場合、カメラにて撮像されたマーカの像が、測定ヘッドのどのマーカの像であるか認識することができず、被測定物の形状測定が出来なくなるという問題がある。

【0007】そこで本発明は、測定ヘッドのマーカの一部分が認識できない場合でも、対象物の形状測定を行うことができる形状測定装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の形状測定装置は、少なくとも 4 個のマーカを有し、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッドと、その測定ヘッドを用いて測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める測定点座標算出手段と、所定の位置から測定ヘッドを撮像する測定ヘッド撮像手段と、その測定ヘッド撮像手段を用いてワールド座標系での測定ヘッドの位置に関する情報を求めるための測定ヘッド位置算出手段と、その測定ヘッド位置算出手段によって求められた測定ヘッドの位置に関する情報に基づいて、測定点座標算出手段によって求められた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する座標変換手段とを備えた形状測定装置であって、測定ヘッド位置算出手段が、測定ヘッド撮像手段にて撮像されたマーカ像の配置に基づいて各マーカ像に対応するマーカを識別するマーカ識別手段と、測定ヘッド撮像手段にて撮像された各マーカ像の移動を追跡するマーカ追跡手段と、各マーカ像のワールド座標系での位置に基づいて測定ヘッドの位置に関する情報を求める手段とを備えていることを特徴とする形状測

定装置。

【0009】このような構成とすることにより、測定ヘッドに取り付けられた複数のマーカのうち3個以上が、測定ヘッド撮像手段にて撮像され、マーカ追跡手段にて追跡されていれば、それらのマーカ像から測定ヘッドの位置に関する情報が求められる。

【0010】具体的には、測定ヘッド位置算出手段は、マーカ追跡手段にて全てのマーカ像の移動が追跡できたとき、マーカ識別手段にて各マーカ像が対応するマーカを識別し、マーカ追跡手段にて移動が追跡できないマーカ像があるとき、追跡できたマーカ像が対応するマーカを移動前のマーカ像の識別結果に基づいて識別することを特徴とする。

【0011】このような構成とすることにより、マーカ像追跡手段による追跡に加え、全てのマーカが追跡できた場合更にマーカ識別手段によるマーカ像の識別が行われる。

【0012】また、測定ヘッド位置算出手段は、測定ヘッド撮像手段にて撮像されたマーカ像の数を検出するマーカ数検出手段を備え、そのマーカ数検出手段にて検出されたマーカ像の数が測定ヘッドに取り付けられたマーカの数と同数であるとき、マーカ識別手段にて各マーカ像が対応するマーカを識別し、マーカ数検出手段にて検出されたマーカ像の数が測定ヘッドに取り付けられたマーカの数より少ないとき、マーカ追跡手段にて各マーカ像が対応するマーカを識別することを特徴とする。

【0013】このような構成とすることにより、撮像手段にて撮像されるマーカ像の数に応じて、マーカ識別手段及びマーカ追跡手段が選択的に使用され、マーカ像の識別が行われる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施の形態について説明する。

〔1〕測定原理についての説明

図1は、本発明の一実施の形態における形状測定装置の概略構成を示している。

【0015】被測定物100は、台201上に載せられている。台201には、支柱202が取り付けられている。支柱202の上部には、水平バー203が取り付けられている。

【0016】形状測定装置は、測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド10と、水平バー203の両端部に取り付けられたステレオカメラ21、22と、それらの制御、各種演算等を行うパーソナルコンピュータからなる制御装置30とを備えている。各ステレオカメラ21、22の撮像レンズには、図2に示すマーカ14が放つ光の周波数帯を選択的に透過するバンドパスフィルタ23が取り付けられている。

【0017】図2及び図3は、測定ヘッド10の概略構成を示している。

【0018】測定ヘッド10は、直方体状で前方開口のケーシング11と、ケーシング11内に収納された1台のCCDカメラ12及びスリット光源13と、ケーシング11の上面に設けられた6つのLED光源14a～14fからなるマーカ14とを備えている。スリット光源13としては、半導体レーザが用いられている。

【0019】マーカ14を構成する6つのLED光源14a～14fは、測定ヘッド10の方向を特定するために、点対称な配置とせず、測定ヘッド10の中心線に対し線対称な配置となっている。ここでは、ケーシング11の上面にLED光源11b、11c、11d、11e、11fの5点が長方形をなすように配置され、それら5点の重心にLED光源11aが配置される。なお、3次元空間中での測定ヘッド10の位置及び方向を測定するためには、マーカとして少なくとも3個のLED光源があれば十分であるが、4個以上のLED光源を用いることにより、測定ヘッド10の位置及び方向の測定精度が最小2乗的に向上する。

【0020】図4は、形状測定装置の測定原理を示している。

【0021】測定者によって自由に移動せしめられる測定ヘッド10を用いてある測定点Aの座標を測定する。測定された座標を測定ヘッド中心の座標系における座標(x, y, z)で表す。この座標系は、測定ヘッド10の移動とともに移動する座標系である。

【0022】一方、被測定物100の形状は、固定した座標系で表され、この座標系をワールド座標と呼ぶ。測定ヘッド10によって測定された測定点のワールド座標系における座標を(X, Y, Z)とする。被測定物100の形状はワールド座標系で記述する必要があるため、測定ヘッド10によって測定された測定点Aの測定ヘッド中心の座標系における座標(x, y, z)を、ワールド座標系に変換する。この変換は、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtとを用いて、次の数式1に基づいて行われる。

【0023】

【数1】

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + t$$

【0024】したがって、ワールド座標系における測定ヘッド10の位置及び方向を、回転行列Rと並進ベクトルtとして求めることで、測定ヘッド中心の座標系における座標(x, y, z)を、ワールド座標系に変換することができる。

【0025】測定ヘッド10を被測定物100の周囲で移動させながら、上記の処理を行い、その都度得られる測定点のワールド座標系における座標(X, Y, Z)の

集合として、被測定物100の形状が記述される。

【0026】この形状測定装置による形状測定は、次のような処理手順によって実行される。

【0027】第1ステップ：測定ヘッド10を用いて、測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を求める。

【0028】第2ステップ：ワールド座標系での測定ヘッド10の位置に関する情報、すなわち、ワールド座標系での測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtとを、測定ヘッド10上に設けられたマーカ14をステレオカメラ21、22によりステレオ画像計測することにより求める。

【0029】第3ステップ：第2ステップで得られた回転行列Rと並進ベクトルtとに基づいて、第1ステップで求めた測定ヘッド中心の座標系における被測定物上の測定点の座標を、ワールド座標系の座標に変換する。

【0030】以下、これら各ステップについて説明する。

〔2〕第1ステップについての説明

図5は、測定ヘッド10による測定点の位置測定方法を示している。

【0031】測定ヘッド中心の座標系とは、CCDカメラ12の光学中心を原点とし、光軸方向をz軸、CCDカメラ12の水平方向をx軸、CCDカメラ12の垂直方向をy軸とする座標系である。CCDカメラ12の画像面Sは、原点から焦点距離fの位置に存在する。つまり、画像面Sは、x-y平面に平行でかつz=fである平面である。

【0032】測定ヘッド10による位置計測方法自体は、光切断法と呼ばれる公知の測定方法である。被測定物100の表面上におけるスリット光源13からのスリット光が照射されている線上の所定の点を測定点Aとする。

【0033】この測定点Aの測定ヘッド中心の座標を(x, y, z)とし、画像面S上での測定点Aに対応する観察点A'の座標を(x_s, y_s, f)とし、スリット光を表す平面の方程式をax+by+cz+d=0とする。観察点A'の座標(x_s, y_s, f)におけるfは、CCDカメラ12の焦点距離として既知であり、(x_s, y_s)は画像面で観察されるスリット光の画素位置から求められる。

【0034】スリット光を表す平面の方程式は測定ヘッド10の校正によって求められている。したがって、x, y, z, αを未知数とする次の数式2で表される連立方程式を解くことにより、(x, y, z)が求められる。

【0035】

〔数2〕

$$\begin{aligned} ax+by+cz+d &= 0 \\ x &= \alpha \cdot x_s \\ y &= \alpha \cdot y_s \\ z &= \alpha \cdot f \end{aligned}$$

【0036】この処理は、CCDカメラ12の出力に基づいて、制御装置30によって行われる。

〔3〕第2ステップについての説明

図6は第2ステップの処理順序を示すフローチャートである。以下に説明する一連の処理は、ステレオカメラ21、22の出力に基づいて、制御装置30によって行われる。

【0037】第2のステップでは、まずステレオカメラ21、22それぞれの撮像画像について所定の閾値により2値化処理が行われる。このとき、各ステレオカメラ21、22にて撮像された画像は、バンドパスフィルタ23を通して撮像されており、2値化することでLED光源14a~14fを含む複数の像が抽出される。(ステップS01、S02)

更に、この2値化処理により抽出された各像について、その大きさ及び平均輝度値が算出され、その算出値が所定の閾値より大きくなる像が抽出される。2値化処理により抽出された像には、通常、LED光源14a~14fの像以外のノイズ成分が含まれているが、それらノイズ成分は、LED光源14a~14fの像と比較して大きさ及び輝度値が小さいため、閾値によるノイズ除去処理により取り除かれる。(ステップS03)

次に、ノイズ除去処理によりノイズ成分が取り除かれた残りの像(追跡対象像)について、前回取り込んだ画像において特定された各LED光源14a~14fの像

(追跡基準像)との対応付けを行って、追跡基準像から追跡対象像への移動が追跡される。この追跡処理は、相互相関法など既知の手法が用いられる。(ステップS04)

そして、全ての追跡基準像について追跡が行えた場合、追跡された追跡対象像の配置に基づいて、各追跡対象像とLED光源14a~14fとの対応付けが改めて行われる。具体的には、追跡された6点の追跡対象像について重心を算出し、その重心に最も近い追跡対象像をLED光源14aの像として識別するとともに、そのLED光源14aの像に最も近い追跡対象像をLED光源14bの像として識別する。そして、残りの4個の追跡対象像については、LED光源14bの像を基準に、それぞれ時計回りにLED光源14c、14d、14e、14fの像として識別される。(ステップS05、S06)

そして、測定ヘッド10のLED光源14a~14fのうち一部がステレオカメラ21、22の共通視野外に出ていたり、測定者の手により隠れていたりして、追跡対象像のうち追跡が行えない、すなわち、追跡対象となる追跡対象像が存在しない像があった場合、それ以外の追跡基準像のうち少なくとも3個の追跡が行えていれば、

その追跡結果に基づいて、対応するLED光源の像が識

別される。また、追跡が行えた追跡基準像が3個未満である場合、測定ヘッド10の位置及び方向を特定することができないため、処理が中止される。(ステップS07~S09)

このようにして識別されたステレオカメラ21、22それぞれにおけるLED光源14a~14f(LED光源14a~14fの像全てが識別されていない場合には識別されたもの)の像から、ステレオ法としてよく知られている手法を用いて、LED光源14a~14fのワールド座標系における座標が算出される。(ステップS10)

次に、測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtとが求められる。つまり、予め分かっている各*

$$\min_i [(X'_i - X_i)^2 + (Y'_i - Y_i)^2 + (Z'_i - Z_i)^2]$$

here

$$\begin{pmatrix} X'_i \\ Y'_i \\ Z'_i \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} + t$$

【0039】[4]第3ステップについての説明
第2ステップで求められた回転行列Rと並進ベクトルtと、前記数1とを用いて、測定ヘッド10によって測定された測定点の測定ヘッド中心の座標(x, y, z)が、ワールド座標(X, Y, Z)に変換されることにより、測定点のワールド座標系における座標が求められる。この座標変換は、制御装置30によって行われる。

【0040】このように本実施の形態によれば、測定ヘッド10のLED光源14a~14fの像のうち全てが認識できない場合でも、被測定物の測定を行うことができるため、測定ヘッドの把持の仕方や測定位置によって生じる測定ミスが低減され、信頼性の高い形状測定を行うことが可能となる。

【0041】また、全ての追跡基準像について追跡が行えた場合には、再度追跡された追跡対象像の配置に基づいてLED光源14a~14fとの対応付けを行い、また、全て追跡できなかった場合でも、追跡できた最大数の追跡対象像を用いて測定ヘッドのワールド座標系における位置が求められるため、ステレオカメラ21、22の撮像状態に応じて、できるだけ精度の高い測定を行うことが可能となる。

【0042】なお、測定ヘッド10としては、能動的なステレオ計測方法によって被測定物上の測定点の位置を測定するものであれば、上述した実施の形態と異なるものであってもよい。例えば、スリット光源13の代わりにスポット光源を用いてもよい。また、2台のCCDカメラによって測定点の位置(測定ヘッド中心の座標)を測定するようにしてもよい。

【0043】マーカ14としては、LED光源14a~14fに限定されことなく、ステレオカメラにて抽出

*LED光源14a~14fの測定ヘッド中心の座標を(x_i, y_i, z_i)とする。但し、iは、LED光源14a~14fの像のうち識別された像の個数を最大値とする整数である。また、ステレオカメラ21、22によって測定された各LED光源14a~14fのワールド座標系における座標を(X_i, Y_i, Z_i)とする。測定ヘッド10の移動を表す回転行列Rと並進ベクトルtは、次の数式3を満足する行列Rとベクトルtとして求められる。この回転行列Rと並進ベクトルtの演算は、制御装置30によって行われる。(ステップS11)

【0038】

【数3】

可能なものであればよい。例えば、LED光源14a~14fの代わりに反射率の高いシールを用いてもよい。また、マーカ14の個数は、4個以上であればよい。

【0044】上記実施の形態においては、追跡処理を行った結果、全ての追跡基準像から追跡が行えた場合、追跡された追跡対象像の配置に基づいて再度LED光源14a~14fとの対応付けを行うように構成したが、追跡対象像の数をカウントした後、そのカウント値に基づいて、追跡対象像とLED光源14a~14fとの対応付けを行うように構成してもよい。この場合、カウント値が測定ヘッド10のLED光源14a~14fの数と一致していれば、各追跡対象像の配置に基づいてLED光源14a~14fとの対応付けが行われ、また、カウント値が測定ヘッド10のLED光源14a~14fの数を下回っていれば、追跡処理にてLED光源14a~14fとの対応付けが行われて、LED光源14a~14fの像が識別される。なお、カウント値が、3未満であれば、測定不能として処理が中止される。

【0045】この場合、配置に基づく認識処理が可能なときは、追跡処理と比較して精度よく追跡対象像とLED光源14a~14fとの対応付けが行える認識処理を用い、その認識処理が可能でないときは追跡処理を用いるよう構成しているため、追跡処理と認識処理が重複せず、処理を高速化することが可能となる。

【0046】

【発明の効果】本発明によれば、測定ヘッドのマーカ像のうち一部が認識できない場合でも、被測定物の測定を行うことができるため、測定ヘッドの把持の仕方や測定位置によって生じる測定ミスが低減され、信頼性の高い形状測定を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

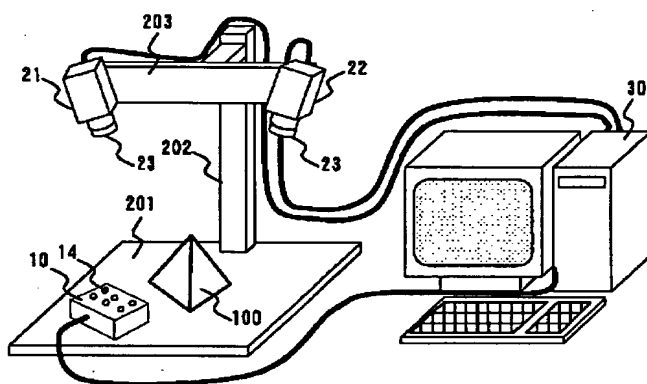
- 【図1】 本発明の一実施の形態における形状測定装置の構成を表す模式図である。
- 【図2】 測定ヘッドの構成を示す正面図である。
- 【図3】 測定ヘッドの構成を示す平面図である。
- 【図4】 測定原理を説明する説明図である。
- 【図5】 測定ヘッドによる測定点の位置測定方法を説明する説明図である。
- 【図6】 第2ステップの処理順序を示すフローチャート

*トである。

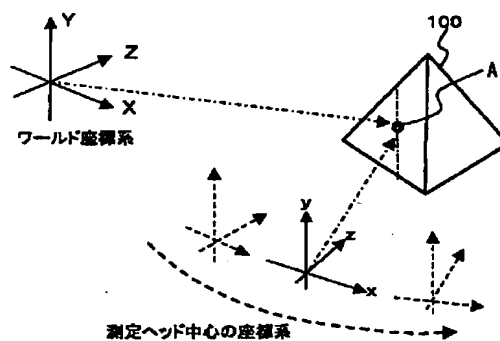
【符号の説明】

- 10 : 測定ヘッド
 12 : CCDカメラ
 13 : スリット光源
 14 : マーカ
 21 : ステレオカメラ
 22 : ステレオカメラ

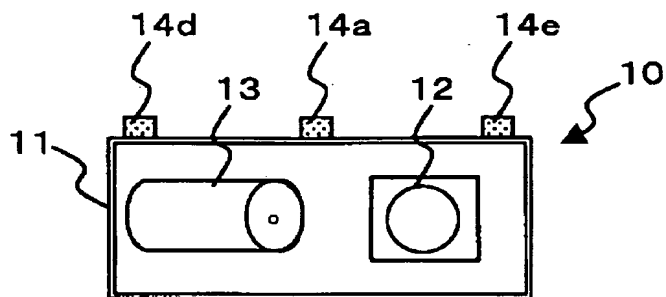
【図1】



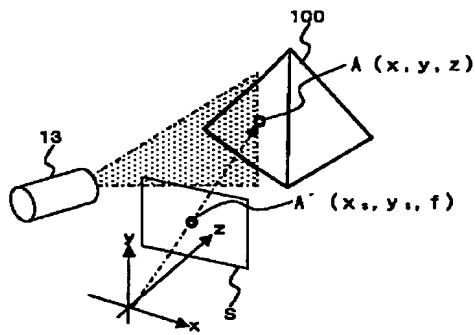
【図4】



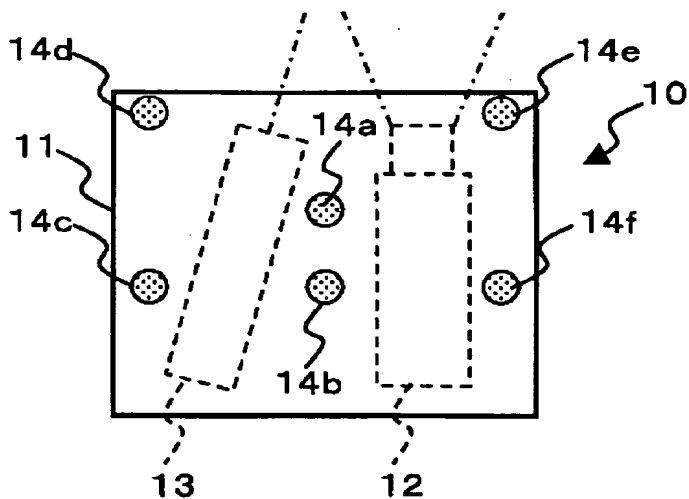
【図2】



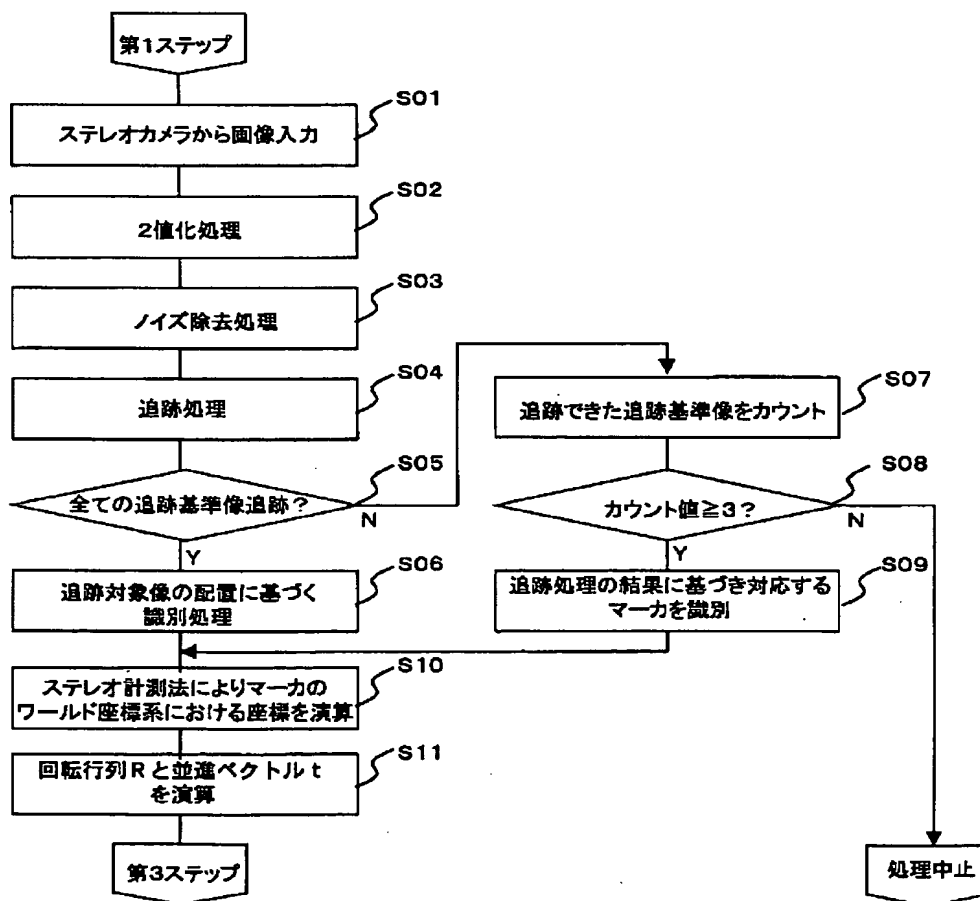
【図5】



【図3】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 蚊野 浩
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

F ターム(参考) 2F065 AA04 AA53 BB29 DD03 DD04
FF05 GG06 GG16 HH05 JJ03
JJ26 LL22 PP04 QQ04 QQ21
QQ32 QQ34
5B047 AA07 BA02 BB06
5B057 AA20 BA02 BA19 BA23 CA20
CD01 DA07 DB02